

**PLASMA PROCESSING AND APPARATUS AND SEMICONDUCTOR MANUFACTURING APPARATUS**

**Patent number:** JP2002299330  
**Publication date:** 2002-10-11  
**Inventor:** OMI TADAHIRO; HIRAYAMA MASAKI; SUGAWA SHIGETOSHI;  
GOTO TETSUYA  
**Applicant:** OMI TADAHIRO; TOKYO ELECTRON LTD  
**Classification:**  
- **International:** H01J37/32; H01J37/32; (IPC1-7): H01L21/31; B01J19/08;  
H01L21/3065; H05H1/46  
- **European:** H01J37/32D2; H01J37/32H3B  
**Application number:** JP20010094273 20010328  
**Priority number(s):** JP20010094273 20010328

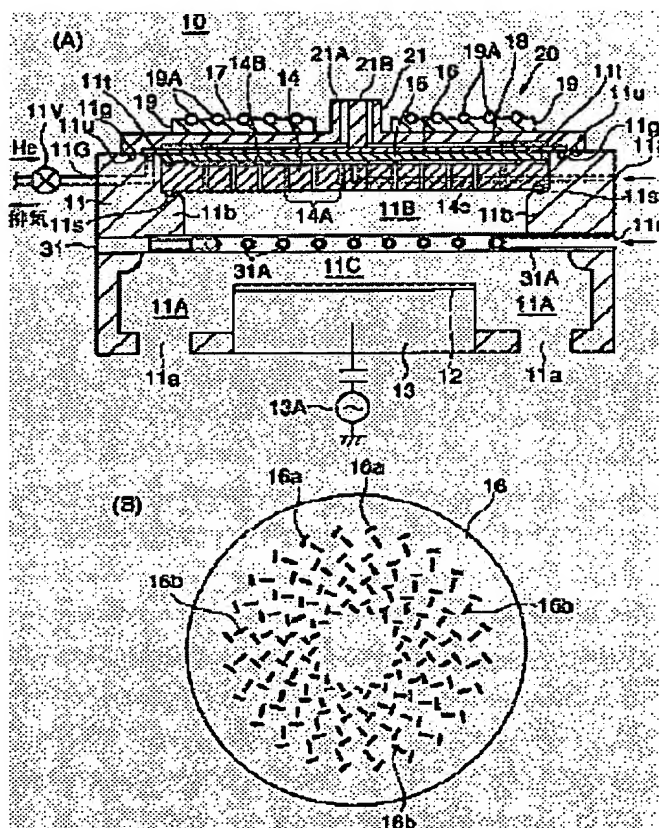
Also published as:

EP1300877 (A1)  
WO02080251 (A1)  
US2004050494 (A1)  
CN1630030 (A)

Report a data error here

**Abstract of JP2002299330**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To optimize the cooling efficiency of a shower plate and the excitation efficiency of microwaves in a microwave plasma processing apparatus, using a radial slotted line antenna. **SOLUTION:** A radial slotted antenna has a radiation surface in close contact with a cover plate closely contacted to a shower plate, and a cooler is provided on the slotted antenna for absorbing heat flux flowing in the thickness direction in the outer wall of a process chamber. The cover plate forms part of the outer wall of the chamber.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第1の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第1の側に対向する第2の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートに密接するように設けられたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナは、前記プラズマガス供給部のカバープレートに接触しマイクロ波の放射面を形成する第1の外表面と、前記第1の外表面に対向する第2の外表面とにより画成されたことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項2】 前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項3】 前記接触面はシール部材により封止されており、前記接触面には圧力調整弁が接続されていることを特徴とする請求項2記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項4】 前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面には、伝熱性ガスが封入されることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項5】 前記伝熱性ガスはHeよりなることを特徴とする請求項4記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項6】 前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項2～5のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項7】 前記接触面は、約0.8～0.9atmの圧力で維持されることを特徴とする請求項6記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項8】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられることを特徴とする請求項1～7のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項9】 前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項8記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項10】 前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項8記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項11】 前記シャワープレートおよび前記カバ

ープレートはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなることを特徴とする請求項1～10のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項12】 前記マイクロ波アンテナ中には、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>よりなる遅波板が設けられたことを特徴とする請求項1～11のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項13】 さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項1～12のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項14】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第1の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第1の側に対向する第2の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートを挟んで反対側に設けられたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするマイクロ波処理装置。

【請求項15】 前記伝熱性ガスはHeよりなることを特徴とする請求項14記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項16】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられることを特徴とする請求項14または15記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項17】 さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項14～16のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項18】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第1の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第1の側に対向する第2の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートに密接するように設けられたマイクロ波アンテナと、前記アンテナに電氣的に結合さ

れたマイクロ波電源と、前記シャワープレートと前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記シャワープレート直下に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部と、前記マイクロ波アンテナは、前記プラズマガス供給部のカバープレートに接触しマイクロ波の放射面を形成する第1の外表面と、前記第1の外表面に対向する第2の外表面とにより画成されたことを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項19】 前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項18記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項20】 前記接触面はシール部材により封止され、前記接触面には圧力調整弁が接続されていることを特徴とする請求項19記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項21】 前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面には、伝熱性ガスが封入されることを特徴とする請求項18～20のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項22】 前記伝熱性ガスはHeよりなることを特徴とする請求項21記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項23】 前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項19～22のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項24】 前記接触面は、約0.8～0.9atmの圧力で維持されることを特徴とする請求項23記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項25】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられたことを特徴とする請求項18～24のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項26】 前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項25記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項27】 前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項25記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項28】 前記シャワープレートおよび前記カバープレートはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなることを特徴とする請求項18～27のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項29】 前記マイクロ波アンテナはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>またはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>よりなる遅波板を含むことを特徴とする請求項18～28のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項30】 さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項18～29のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項31】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第1の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第1の側に対向する第2の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートを挟んで反対側に設けられたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源と、前記シャワープレートと前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記シャワープレート直下に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部とよりなり、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするマイクロ波処理装置。

【請求項32】 前記伝熱性ガスはHeよりなることを特徴とする請求項31記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項33】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられることを特徴とする請求項31または32記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項34】 さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項31～33のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項35】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナはマイクロ波放射面を有し、前記マイクロ波透過窓上に、前記マイクロ波放射面が接触するように設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項36】 前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項35記載のプラズマ処理装置。

【請求項37】 前記マイクロ波放射面とマイクロ波透

過窓との接触面はシール部材により封止され、さらに前記処理室には、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面を圧力調節可能な圧力調節弁が設けられていることを特徴とする請求項35または36記載のプラズマ処理装置。

【請求項38】 前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面には、伝熱性ガスが封入されていることを特徴とする請求項35～37のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項39】 前記伝熱性ガスは、Heよりなることを特徴とする請求項38記載のプラズマ処理装置。

【請求項40】 前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項36～39のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項41】 前記接触面は、0.8～0.9atmの圧力で維持されることを特徴とする請求項40記載のプラズマ処理装置。

【請求項42】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記マイクロ波放射面に対向する表面上に設けられたことを特徴とする請求項35～41のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項43】 前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項42記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項44】 前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項42記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項45】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナのマイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項46】 前記伝熱性ガスは、Heよりなることを特徴とする請求項45記載のプラズマ処理装置。

【請求項47】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられることを特徴とする請求項45または46記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項48】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保

持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源と、前記マイクロ波透過窓と前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記マイクロ波透過窓近傍に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部とよりなり、前記マイクロ波アンテナはマイクロ波放射面を有し、前記マイクロ波透過窓上に、前記マイクロ波放射面が接触するように設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項49】 前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項48記載のプラズマ処理装置。

【請求項50】 前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との接触面はシール部材により封止され、さらに前記処理室には、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面を圧力調節可能な圧力調節弁が設けられていることを特徴とする請求項48または49記載のプラズマ処理装置。

【請求項51】 前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面には、伝熱性ガスが封入されていることを特徴とする請求項48～50のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項52】 前記伝熱性ガスは、Heよりなることを特徴とする請求項51記載のプラズマ処理装置。

【請求項53】 前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項49～52のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項54】 前記接触面は、0.8～0.9atmの圧力で維持されることを特徴とする請求項53記載のプラズマ処理装置。

【請求項55】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記マイクロ波放射面に対向する表面上に設けられたことを特徴とする請求項48～54のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項56】 前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項55記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項57】 前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項55記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項58】 さらに前記保持台に電気的に結合された高周波電源を含むことを特徴とする請求項48～57のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【請求項59】 外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合

された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源と、前記マイクロ波透過窓と前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記マイクロ波透過窓近傍に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部とよりなり、前記マイクロ波アンテナのマイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項60】 前記伝熱性ガスは、Heよりなることを特徴とする請求項59記載のプラズマ処理装置。

【請求項61】 さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられることを特徴とする請求項59または60記載のマイクロ波プラズマ処理装置。

【請求項62】 さらに前記保持台に電氣的に結合された高周波電源を含むことを特徴とする請求項59～61のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は一般にプラズマ処理装置に係わり、特にマイクロ波プラズマ処理装置に関する。

【0002】 プラズマ処理工程およびプラズマ処理装置は、近年のいわゆるディープサブミクロン素子あるいはディープサブクォーターミクロン素子と呼ばれる0.1 $\mu$ mに近い、あるいはそれ以下のゲート長を有する超微細化半導体装置の製造や、液晶表示装置を含む高解像度平面表示装置の製造にとって、不可欠の技術である。

【0003】 半導体装置や液晶表示装置の製造に使われるプラズマ処理装置としては、従来より様々なプラズマの励起方式が使われているが、特に平行平板型高周波励起プラズマ処理装置あるいは誘導結合型プラズマ処理装置が一般的である。しかしこれら従来のプラズマ処理装置は、プラズマ形成が不均一であり、電子密度の高い領域が限定されているため大きな処理速度すなわちスループットで被処理基板全面にわたり均一なプロセスを行うのが困難である問題点を有している。この問題は、特に大径の基板を処理する場合に深刻になる。しかもこれら従来のプラズマ処理装置では、電子温度が高いため被処理基板上に形成される半導体素子にダメージが生じ、また処理室壁のスパッタリングによる金属汚染が大きいなど、いくつかの本質的な問題を有している。このため、従来のプラズマ処理装置では、半導体装置や液晶表示装

置のさらなる微細化およびさらなる生産性の向上に対する厳しい要求を満たすことが困難になりつつある。

【0004】 一方、従来より直流磁場を用いずにマイクロ波電界により励起された高密度プラズマを使うマイクロ波プラズマ処理装置が提案されている。例えば、均一なマイクロ波を発生するように配列された多数のスロットを有する平面状のアンテナ（ラジアルラインスロットアンテナ）から処理容器内にマイクロ波を放射し、このマイクロ波電界により真空容器内のガスを電離してプラズマを励起させる構成のプラズマ処理装置が提案されている。（例えば特開平9-63793公報を参照。）このような手法で励起されたマイクロ波プラズマではアンテナ直下の広い領域にわたって高いプラズマ密度を実現でき、短時間で均一なプラズマ処理を行うことが可能である。しかもかかる手法で形成されたマイクロ波プラズマではマイクロ波によりプラズマを励起するため電子温度が低く、被処理基板のダメージや金属汚染を回避することができる。さらに大面積基板上にも均一なプラズマを容易に励起できるため、大口径半導体基板を使った半導体装置の製造工程や大型液晶表示装置の製造にも容易に対応できる。

【0005】

【従来の技術】 図1（A）、（B）は、かかるラジアルラインスロットアンテナを使った従来のマイクロ波プラズマ処理装置100の構成を示す。ただし図1（A）はマイクロ波プラズマ処理装置100の断面図を、また図1（B）はラジアルラインスロットアンテナの構成を示す図である。

【0006】 図1（A）を参照するに、マイクロ波プラズマ処理装置100は複数の排気ポート116から排気される処理室101を有し、前記処理室101中には被処理基板114を保持する保持台115が形成されている。前記処理室101の均一な排気を実現するため、前記保持台115の周囲にはリング状に空間101Aが形成されており、前記複数の排気ポート116を前記空間101Aに連通するように等間隔で、すなわち被処理基板に対して軸対称に形成することにより、前記処理室101を前記空間101Aおよび排気ポート116を介して均一に排気することができる。

【0007】 前記処理室101上には、前記保持台115上の被処理基板114に対応する位置に、前記処理室101の外壁の一部として、低損失誘電体よりなり多数の開口部107を形成された板状のシャワープレート103がシールリング109を介して形成されており、さらに前記シャワープレート103の外側に同じく低損失誘電体よりなるカバープレート102が、別のシールリング108を介して設けられている。

【0008】 前記シャワープレート103にはその上面にプラズマガスの通路104が形成されており、前記複数の開口部107の各々は前記プラズマガス通路104



に連通するように形成されている。さらに、前記シャワープレート103の内部には、前記処理容器101の外壁に設けられたプラズマガス供給ポート105に連通するプラズマガスの供給通路106が形成されており、前記プラズマガス供給ポート105に供給されたArやKr等のプラズマガスは、前記供給通路106から前記通路104を介して前記開口部107に供給され、前記開口部107から前記処理容器101内部の前記シャワープレート103直下の空間101Bに、実質的に一様な濃度で放出される。

【0009】前記処理容器101上には、さらに前記カバープレート102の外側に、前記カバープレート102から4～5mm離間して、図1(B)に示す放射面を有するラジアルラインスロットアンテナ110が設けられている。前記ラジアルラインスロットアンテナ110は外部のマイクロ波源(図示せず)に同軸導波管110Aを介して接続されており、前記マイクロ波源からのマイクロ波により、前記空間101Bに放出されたプラズマガスを励起する。前記カバープレート102とラジアルラインスロットアンテナ110の放射面との間の隙間は大気により充填されている。

【0010】前記ラジアルラインスロットアンテナ110は、前記同軸導波管110Aの外側導波管に接続された平坦なディスク状のアンテナ本体110Bと、前記アンテナ本体110Bの開口部に形成された、図1(B)に示す多数のスロット110aおよびこれに直交する多数のスロット110bを形成された放射板110Cとよりなり、前記アンテナ本体110Bと前記放射板110Cとの間には、厚さが一定の誘電体膜よりなる遅相板110Dが挿入されている。

【0011】かかる構成のラジアルラインスロットアンテナ110では、前記同軸導波管110から給電されたマイクロ波は、前記ディスク状のアンテナ本体110Bと放射板110Cとの間を、半径方向に広がりながら進行するが、その際に前記遅相板110Dの作用により波長が圧縮される。そこで、このようにして半径方向に進行するマイクロ波の波長に対応して前記スロット110aおよび110bを同心円状に、かつ相互に直交するように形成しておくことにより、円偏波を有する平面波を前記放射板110Cに実質的に垂直な方向に放射することができる。

【0012】かかるラジアルラインスロットアンテナ110を使うことにより、前記シャワープレート103直下の空間101Bに均一な高密度プラズマが形成される。このようにして形成された高密度プラズマは電子温度が低く、そのため被処理基板114にダメージが生じることがなく、また処理容器101の器壁のスパッタリングに起因する金属汚染が生じることもない。

【0013】図1のプラズマ処理装置100では、さらに前記処理容器101中、前記シャワープレート103

と被処理基板114との間に、外部の処理ガス源(図示せず)から前記処理容器101中に形成された処理ガス通路112を介して処理ガスを供給する多数のノズル113を形成された導体構造物111が形成されており、前記ノズル113の各々は、供給された処理ガスを、前記導体構造物111と被処理基板114との間の空間101Cに放出する。前記導体構造物111には、前記隣接するノズル113と113との間に、前記空間101Bにおいて形成されたプラズマを前記空間101Bから前記空間101Cに拡散により、効率よく通過させるような大きさの開口部が形成されている。

【0014】そこで、このように前記導体構造物111から前記ノズル113を介して処理ガスを前記空間101Cに放出した場合、放出された処理ガスは前記空間101Bにおいて形成された高密度プラズマにより励起され、前記被処理基板114上に、一様なプラズマ処理が、効率的かつ高速に、しかも基板および基板上の素子構造を損傷させることなく、また基板を汚染することなく行われる。一方前記ラジアルラインスロットアンテナ110から放射されたマイクロ波は、かかる導体構造物111により阻止され、被処理基板114を損傷させることはない。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このようなラジアルラインスロットアンテナ110を使ったプラズマ処理装置100では、前記空間101Bに形成されるプラズマの密度が $10^{12}/\text{cm}^3$ のオーダーに達するため、シャワープレート103は前記高密度プラズマを構成する大量のイオンおよび電子に曝されることになり、これらのイオンおよび電子による加熱が生じる。かかるイオンおよび電子に起因する熱フラックスは $1\sim 2\text{W}/\text{cm}^2$ にも達する。しかも、前記プラズマ処理装置100では処理室101への堆積物の付着を抑制するために、処理室101の器壁を $150^\circ\text{C}$ 程度の温度に保持して運転されることが多いが、このような処理室101の加熱の結果、誘電体材料よりなる前記シャワープレート103およびカバープレート102中には熱が蓄積してしまい、非常に大きな温度分布が生じてしまう。

【0016】図2は、前記処理室101の器壁温度を $150^\circ\text{C}$ とし、前記空間101Bにおいて形成された高密度プラズマから熱が $1\text{W}/\text{cm}^2$ のフラックスで前記シャワープレート103に流入した場合の、前記シャワープレート103中に形成される温度分布を示す。シャワープレート103の厚さは25mmとしている。

【0017】図2を参照するに、前記シャワープレート103として熱伝導率が $1.4\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ の石英ガラスを使った場合には、シャワープレート中心の温度は $600^\circ\text{C}$ をはるかに超えており、温度差に伴う熱歪を考えると、かかるシャワープレートは実用に耐えないことがわかる。また、熱伝導率が $1.5\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

により形成したシャワープレート、あるいは熱伝導率が $30\text{ W/m}\cdot\text{K}$ の熱間等方圧加圧法(HIP)により形成した $\text{Al}_2\text{O}_3$ シャワープレートの場合でも、シャワープレート中心部の温度は $450^\circ\text{C}$ 以上、あるいは $300^\circ\text{C}$ 以上であり、非常に大きな熱歪が前記シャワープレート103に加わることがわかる。また、このように高い温度では、プラズマガスとして分解温度の低いガスを使おうとしても、分解してしまうために使うことができない問題が生じる。

【0018】これに対し、前記シャワープレート103としてAINを使った場合には、熱伝導率が $160\text{ W/m}\cdot\text{K}$ と非常に大きいため、熱が前記シャワープレート103中を半径方向に効率的に散逸し、熱の蓄積によるシャワープレート103中心部の温度上昇がわずかであることがわかる。

【0019】このような理由で、従来より図1のラジアルインスロットアンテナを使ったプラズマ処理装置100においては前記シャワープレート103およびカバープレートとしてAINが使われていた。

【0020】しかしAINは誘電損失の大きい材料であり、 $\tan\delta$ で表す誘電損失の値が $3\times 10^{-3}$ 程度であるため、AINを使ってシャワープレート103およびカバープレート102を形成した場合、アンテナ110から放射されるマイクロ波に実質的な損失が生じてしまい、プラズマを効率的に励起することができなくなる。すなわち、図1に示す従来のプラズマ処理装置100では、シャワープレート103およびカバープレート102へのAINの使用に伴い、プラズマの励起効率が十分でないという問題があった。このため従来のプラズマ処理装置100では大出力のマイクロ波源が必要で、またプラズマの着火が困難である問題が生じていた。

【0021】そこで本発明は、上述の課題を解決した新規で有用なプラズマプロセス装置を提供することを目的とする。

【0022】本発明のより具体的な課題は、ラジアルインスロットアンテナを使ってプラズマを励起するプラズマ処理装置において、冷却効率を向上させ、同時にプラズマの励起効率を向上させることにある。

【0023】

【課題を解決するための手段】本発明は上記の課題を、請求項1に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第1の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第1の側に対向する第2の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供

給部に対応して、前記カバープレートに密接するように設けられたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナは、前記プラズマガス供給部のカバープレートに接触しマイクロ波の放射面を形成する第1の外表面と、前記第1の外表面に対向する第2の外表面とにより画成されたことを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項2に記載したように、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項1記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項3に記載したように、前記接触面はシール部材により封止されており、前記接触面には圧力調整弁が接続されていることを特徴とする請求項2記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項4に記載したように、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面には、伝熱性ガスが封入されることを特徴とする請求項1～3のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項5に記載したように、前記伝熱性ガスはHeよりなることを特徴とする請求項4記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項6に記載したように、前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項2～5のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項7に記載したように、前記接触面は、約 $0.8\sim 0.9\text{ atm}$ の圧力で維持されることを特徴とする請求項6記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項8に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第2の外表面上に設けられることを特徴とする請求項1～7のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項9に記載したように、前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項8記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項10に記載したように、前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項8記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項11に記載したように、前記シャワープレートおよび前記カバープレートは $\text{Al}_2\text{O}_3$ よりなることを特徴とする請求項1～10のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項12に記載したように、前記マイクロ波アンテナ中には、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ または $\text{Si}_3\text{N}_4$ よりなる遅波板が設けられたことを特徴とする請求項1～11のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項13に記載したように、さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項1～12のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請



求項 14 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第 1 の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第 1 の側に対向する第 2 の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートを挟んで反対側に設けられたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするマイクロ波処理装置により、または請求項 15 に記載したように、前記伝熱性ガスは He よりなることを特徴とする請求項 14 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 16 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第 2 の外表面上に設けられることを特徴とする請求項 14 または 15 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 17 に記載したように、さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項 14 ～ 16 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 18 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第 1 の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第 1 の側に対向する第 2 の側に設けられたカバープレートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートに密接するように設けられたマイクロ波アンテナと、前記アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源と、前記シャワープレートと前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記シャワープレート直下に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部と、前記マイクロ波アンテナは、前記プラズマガス供給部のカバープレートに接触しマイクロ波の放射面を形成する第 1 の外表面と、前記第 1 の外表面に対向する第 2 の外表面とにより画成されたことを特徴とするマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 19 に記載したように、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバ

ープレートとの間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項 18 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 20 に記載したように、前記接触面はシール部材により封止され、前記接触面には圧力調整弁が接続されていることを特徴とする請求項 19 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 21 に記載したように、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の接触面には、伝熱性ガスが封入されることを特徴とする請求項 18 ～ 20 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 22 に記載したように、前記伝熱性ガスは He よりなることを特徴とする請求項 21 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 23 に記載したように、前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項 19 ～ 22 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 24 に記載したように、前記接触面は、約 0.8 ～ 0.9 atm の圧力で維持されることを特徴とする請求項 23 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 25 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第 2 の外表面上に設けられたことを特徴とする請求項 18 ～ 24 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 26 に記載したように、前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項 25 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 27 に記載したように、前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項 25 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 28 に記載したように、前記シャワープレートおよび前記カバープレートは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> よりなることを特徴とする請求項 18 ～ 27 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 29 に記載したように、前記マイクロ波アンテナは Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub> または Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> よりなる遅波板を含むことを特徴とする請求項 18 ～ 28 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 30 に記載したように、さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項 18 ～ 29 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 31 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器上に、前記保持台上の被処理基板に対面するように、前記外壁の一部として設けられ、プラズマガス通路と前記プラズマガス通路に連通する複数の開口部とを有し第 1 の側において前記保持台上の被処理基板と対面するシャワープレートと、前記シャワープレートの前記第 1 の側に対向する第 2 の側に設けられたカバー

レートとよりなるプラズマガス供給部と、前記処理容器上に、前記プラズマガス供給部に対応して、前記カバープレートを挟んで反対側に設けられたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源と、前記シャワープレートと前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記シャワープレート直下に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部とよりなり、前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするマイクロ波処理装置により、または請求項 32 に記載したように、前記伝熱性ガスは He よりなることを特徴とする請求項 31 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 33 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第 2 の外表面上に設けられることを特徴とする請求項 31 または 32 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 34 に記載したように、さらに、前記保持台に接続された高周波電源を含むことを特徴とする請求項 31～33 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 35 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナはマイクロ波放射面を有し、前記マイクロ波透過窓上に、前記マイクロ波放射面が接触するように設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項 36 に記載したように、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項 35 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 37 に記載したように、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との接触面はシール部材により封止され、さらに前記処理室には、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面を圧力調節可能な圧力調節弁が設けられていることを特徴とする請求項 35 または 36 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 38 に記載したように、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面には、伝熱性ガスが封入されていることを特徴とする請求項 35～37 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項 39 に記載したように、前記伝熱性ガスは、He よりなることを特徴とする請求項 38 記載のプラズ

マ処理装置により、または請求項 40 に記載したように、前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項 36～39 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 41 に記載したように、前記接触面は、0.8～0.9 atm の圧力で維持されることを特徴とする請求項 40 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 42 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記マイクロ波放射面に対向する表面上に設けられたことを特徴とする請求項 35～41 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 43 に記載したように、前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項 42 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 44 に記載したように、前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項 42 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 45 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源とよりなり、前記マイクロ波アンテナのマイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項 46 に記載したように、前記伝熱性ガスは、He よりなることを特徴とする請求項 45 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 47 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第 2 の外表面上に設けられることを特徴とする請求項 45 または 46 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 48 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電氣的に結合されたマイクロ波電源と、前記マイクロ波透過窓と前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記マイクロ波透過窓近傍に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部とよりなり、前記マイクロ波アンテナはマイク

ロ波放射面を有し、前記マイクロ波透過窓上に、前記マイクロ波放射面が接触するように設けられていることを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項 49 に記載したように、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面は、圧力調節可能に封止されていることを特徴とする請求項 48 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 50 に記載したように、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との接触面はシール部材により封止され、さらに前記処理室には、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面を圧力調節可能な圧力調節弁が設けられていることを特徴とする請求項 48 または 49 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 51 に記載したように、前記マイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の接触面には、伝熱性ガスが封入されていることを特徴とする請求項 48～50 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項 52 に記載したように、前記伝熱性ガスは、He よりなることを特徴とする請求項 51 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 53 に記載したように、前記接触面は大気圧よりも低い圧力で維持されることを特徴とする請求項 49～52 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 54 に記載したように、前記接触面は、0.8～0.9 atm の圧力で維持されることを特徴とする請求項 53 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 55 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記マイクロ波放射面に対向する表面上に設けられたことを特徴とする請求項 48～54 のうち、いずれか一項記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 56 に記載したように、前記冷却部は、冷却水通路を有することを特徴とする請求項 55 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 57 に記載したように、前記冷却部は空冷冷却機構よりなることを特徴とする請求項 55 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 58 に記載したように、さらに前記保持台に電気的に結合された高周波電源を含むことを特徴とする請求項 48～57 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、または請求項 59 に記載したように、外壁により画成され、被処理基板を保持する保持台を備えた処理容器と、前記処理容器に結合された排気系と、前記処理容器の外壁の一部に、前記保持台上の被処理基板に対面するように形成されたマイクロ波透過窓と、前記処理容器中にプラズマガスを供給するプラズマガス導入部と、前記処理容器の外側において、前記マイクロ波透過窓と結合されたマイクロ波アンテナと、前記マイクロ波アンテナに電気的に結合されたマイクロ波電源と、前記マイクロ波透過窓と前記保持台上の被処理基板との間に配設され、前記マイクロ波透過窓近傍に形成されたプラズマを前記保持台上の被処

理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部とよりなり、前記マイクロ波アンテナのマイクロ波放射面とマイクロ波透過窓との間の隙間はシール部材により封止され、前記隙間には伝熱性ガスが封入されることを特徴とするプラズマ処理装置により、または請求項 60 に記載したように、前記伝熱性ガスは、He よりなることを特徴とする請求項 59 記載のプラズマ処理装置により、または請求項 61 に記載したように、さらに前記マイクロ波アンテナに設けられた冷却部を備え、前記冷却部は前記マイクロ波アンテナのうち、前記第 2 の外表面上に設けられることを特徴とする請求項 59 または 60 記載のマイクロ波プラズマ処理装置により、または請求項 62 に記載したように、さらに前記保持台に電気的に結合された高周波電源を含むことを特徴とする請求項 59～61 のうち、いずれか一項記載のプラズマ処理装置により、解決する。【作用】本発明によれば、例えばラジアルラインスロットアンテナなどのマイクロ波アンテナをシャワープレートとカバープレートとよりなりマイクロ波透過窓としても作用するプラズマガス供給部に密着させることにより、前記シャワープレートおよびカバープレートを、厚さ方向への熱伝導により冷却することが可能になり、マイクロ波プラズマ処理装置の冷却効率が大きく向上する。かかる冷却効率の向上の結果、前記シャワープレートおよびカバープレートへの熱の蓄積が実質的に軽減され、その結果シャワープレートおよびカバープレートとして誘電損失の小さい Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等の材料を使っても、シャワープレートの温度が過大に上昇することがなくなる。すなわち、本発明はラジアルラインスロットアンテナを使ったマイクロ波プラズマ処理装置において、シャワープレートおよびカバープレートとしてマイクロ波透過窓に適した誘電損失の小さい材料を使うことにより、高い冷却効率の要求と高いプラズマ励起効率の要求とを両立させることができる。

【0024】前記マイクロ波アンテナと前記プラズマガス供給部のカバープレートとの間には、前記スロット板中のスロットに対応して、また誘電体であるカバープレートの表面に存在する微細な凹凸の存在などの理由により隙間が生じることがあるが、本発明ではかかる隙間に伝熱性ガスを封入することにより、かかる隙間における熱輸送を促進することができ、局所的な過熱等の問題を回避することができる。すなわち、本発明は、前記マイクロ波アンテナとマイクロ波透過窓を構成するカバープレートとが密接していない構成においても、有効である。その際、前記伝熱性ガスを大気圧よりも低い圧力で封入することにより、前記マイクロ波アンテナを前記プラズマガス供給部に、大気圧を使って確実に押圧することが可能で、その結果前記マイクロ波アンテナを前記プラズマガス供給部に、確実に密接させることが可能になる。前記伝熱性ガスとしては、さらに前記スロット板中のスロット部における放電を効果的に抑止できることか

ら、イオン化エネルギーが大きいHeを使うのが好ましい。前記伝熱性ガスとしてHeを使う場合には、約0.8atmの圧力で封入するのが好ましい。

【0025】さらに本発明のマイクロ波プラズマ処理装置は、前記シャワープレートと前記保持台上の被処理基板との間に、前記シャワープレート直下に形成されたプラズマを前記保持台上の被処理基板の方向へ通過させる開口部を形成する処理ガス供給部を設けるのが好ましい。かかる処理ガス供給部より、前記プラズマガスとは別の処理ガスを供給することにより、前記被処理基板表面において均一なプラズマCVDプロセスを大きなプロセス速度で効率的に実行することが可能になる。さらに前記保持台に電氣的に結合された高周波電源を設け、かかる高周波電源を駆動し、同時に前記処理ガス供給部よりエッチングガスを供給することにより、プラズマエッチングを行うことが可能になる。

【0026】本発明において、処理室中にプラズマガスを導入するのに必ずしも前記シャワープレートを使う必要はなく、処理室の外壁の一部に、処理室内の被処理基板に対面するようにマイクロ波透過窓を形成し、これにマイクロ波アンテナを密接して結合させてもよい。すなわち、かかる構成においても、前記マイクロ波透過窓に励起プラズマから入射する熱を、マイクロ波アンテナにより、効率的に取り除くことが可能になる。

【0027】

【発明の実施の形態】〔第1実施例〕図3(A)、(B)は、本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10の構成を示す。

【0028】図3(A)を参照するに、前記マイクロ波プラズマ処理装置10は処理容器11と、前記処理容器11内に設けられ、被処理基板12を静電チャックにより保持する好ましくは熱間等方圧加圧法(HIP)により形成されたAINもしくはAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなる保持台13とを含み、前記処理容器11内には前記保持台13を囲む空間11Aに等間隔に、すなわち前記保持台13上の被処理基板12に対して略軸対称な関係で少なくとも二箇所、好ましくは三箇所以上に排気ポート11aが形成されている。前記処理容器11は、かかる排気ポート11aを介して後ほど説明する不等ピッチ不等傾角スクリーンプンにより、排気・減圧される。

【0029】前記処理容器11は好ましくはAlを含有するオーステナイトステンレス鋼よりなり、内壁面には酸化処理により酸化アルミニウムよりなる保護膜が形成されている。また前記処理容器11の外壁のうち前記被処理基板12に対応する部分には、HIP法により形成された緻密なAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなり多数のノズル開口部14Aを形成されたディスク状のシャワープレート14が、前記外壁の一部として形成される。かかるHIP法により形成されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>シャワープレート14はY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を焼結助剤として使って形成され、気孔率が0.03%以

下で実質的に気孔やピンホールを含んでおらず、30W/m<sup>2</sup>・Kに達する、AINには及ばないものの、セラミックとしては非常に大きな熱伝導率を有する。

【0030】前記シャワープレート14は前記処理容器11上にシールリング11sを介して装着され、さらに前記シャワープレート14上には同様なHIP処理により形成された緻密なAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>よりなるカバープレート15が、シールリング11tを介して設けられている。前記シャワープレート14の前記カバープレート15と接する側には前記ノズル開口部14Aの各々に連通しプラズマガス流路となる凹部14Bが形成されており、前記凹部14Bは前記シャワープレート14の内部に形成され、前記処理容器11の外壁に形成されたプラズマガス入口11pに連通する別のプラズマガス流路14Cに連通している。

【0031】前記シャワープレート14は前記処理容器11の内壁に形成された張り出し部11bにより保持されており、前記張り出し部11bのうち、前記シャワープレート14を保持する部分には異常放電を抑制するために丸みが形成されている。

【0032】そこで、前記プラズマガス入口11pに供給されたArやKr等のプラズマガスは前記シャワープレート14内部の流路14Cおよび14Bを順次通過した後、前記開口部14Aを介して前記シャワープレート14直下の空間11B中に一様に供給される。

【0033】前記カバープレート15上には、前記カバープレート15に密接し図3(B)に示す多数のスロット16a、16bを形成されたディスク状のスロット板16と、前記スロット板16を保持するディスク状のアンテナ本体17と、前記スロット板16と前記アンテナ本体17との間に挟持されたAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>あるいはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>の低損失誘電体材料よりなる遅相板18とにより構成されたラジアルラインスロットアンテナ20が設けられている。前記ラジアルスロットラインアンテナ20は前記処理容器11上にシールリング11uを介して装着されており、前記ラジアルラインスロットアンテナ20には同軸導波管21を介して外部のマイクロ波源(図示せず)より周波数が2.45GHzあるいは8.3GHzのマイクロ波が供給される。供給されたマイクロ波は前記スロット板16上のスロット16a、16bから前記カバープレート15およびシャワープレート14を介して前記処理容器11中に放射され、前記シャワープレート14直下の空間11Bにおいて、前記開口部14Aから供給されたプラズマガス中にプラズマを励起する。その際、前記カバープレート15およびシャワープレート14はAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>により形成されており、効率的なマイクロ波透過窓として作用する。その際、前記プラズマガス流路14A~14Cにおいてプラズマが励起されるのを回避するため、前記プラズマガスは、前記流路14A~14Cにおいて約6666Pa~13332Pa

a (約50~100 Torr) の圧力に保持される。

【0034】前記ラジアルラインスロットアンテナ20と前記カバープレート15との密着性を向上させるため、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10では前記スロット板16に係合する前記処理容器11の上面の一部にリング状の溝11gが形成されており、かかる溝11gを、これに連通した排気ポート11Gを介して排気することにより、前記スロット板16とカバープレート15との間に形成された隙間を減圧し、大気圧により、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を前記カバープレート15にしっかりと押し付けることが可能になる。かかる隙間には、前記スロット板16に形成されたスロット16a、16bが含まれるが、それ以外にも様々な理由により隙間が形成されることがある。かかる隙間は、前記ラジアルラインスロットアンテナ20と処理容器11との間のシールリング11uにより封止されている。

【0035】さらに前記排気ポート11Gおよび溝15gを介して前記スロット板16と前記カバープレート15との間の隙間に分子量の小さい不活性気体を充填することにより、前記カバープレート15から前記スロット板16への熱の輸送を促進することができる。かかる不活性気体としては、熱伝導率が大きくしかもイオン化エネルギーの高いHeを使うのが好ましい。前記隙間にHeを充填する場合には、0.8気圧程度の圧力に設定するのが好ましい。図3の構成では、前記溝15gの排気および溝15gへの不活性気体の充填のため、前記排気ポート11Gにバルブ11Vが接続されている。

【0036】前記同軸導波管21Aのうち、外側の導波管21Aは前記ディスク状のアンテナ本体17に接続され、中心導体21Bは、前記遅波板18に形成された開口部を介して前記スロット板16に接続されている。そこで前記同軸導波管21Aに供給されたマイクロ波は、前記アンテナ本体17とスロット板16との間を径方向に進行しながら、前記スロット16a、16bより放射される。

【0037】図3(B)は前記スロット板16上に形成されたスロット16a、16bを示す。

【0038】図3(B)を参照するに、前記スロット16aは同心円状に配列されており、各々のスロット16aに対応して、これに直行するスロット16bが同じく同心円状に形成されている。前記スロット16a、16bは、前記スロット板16の半径方向に、前記遅相板18により圧縮されたマイクロ波の波長に対応した間隔で形成されており、その結果マイクロ波は前記スロット板16から略平面波となって放射される。その際、前記スロット16aおよび16bを相互の直交する関係で形成しているため、このようにして放射されたマイクロ波は、二つの直交する偏波成分を含む円偏波を形成する。

【0039】さらに図3(A)のプラズマ処理装置10

では、前記アンテナ本体17上に、冷却水通路19Aを形成された冷却ブロック19が形成されており、前記冷却ブロック19を前記冷却水通路19A中の冷却水により冷却することにより、前記シャワープレート14に蓄積された熱を、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を介して吸収する。前記冷却水通路19Aは前記冷却ブロック19上においてスパイラル状に形成されており、好ましくはH<sub>2</sub>ガスをバブリングすることで溶存酸素を排除して且つ酸化還元電位を制御した冷却水が通される。

【0040】また、図3(A)のマイクロ波プラズマ処理装置10では、前記処理容器11中、前記シャワープレート14と前記保持台13上の被処理基板12との間に、前記処理容器11の外壁に設けられた処理ガス注入口11rから処理ガスを供給されこれを多数の処理ガスノズル開口部31B(図4参照)から放出する格子状の処理ガス通路31Aを有する処理ガス供給構造31が設けられ、前記処理ガス供給構造31と前記被処理基板12との間の空間11Cにおいて、所望の均一な基板処理がなされる。かかる基板処理には、プラズマ酸化処理、プラズマ窒化処理、プラズマ酸窒化処理、プラズマCVD処理等が含まれる。また、前記処理ガス供給構造31から前記空間11CにC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、C<sub>5</sub>F<sub>8</sub>またはC<sub>4</sub>F<sub>6</sub>などの解離しやすいフルオロカーボンガスや、F系あるいはCl系等のエッチングガスを供給し、前記保持台13に高周波電源13Aから高周波電圧を印加することにより、前記被処理基板12に対して反応性イオンエッチングを行うことが可能である。

【0041】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、前記処理容器11の外壁は150°C程度の温度に加熱しておくことにより、処理容器内壁への反応副生成物等の付着が回避され、一日に一回程度のドライクリーニングを行うことで、定常的に、安定して運転することが可能である。

【0042】図4は、図3(A)の処理ガス供給構造31の構成を示す底面図である。

【0043】図4を参照するに、前記処理ガス供給構造31は例えばMgを含んだAl合金やAl添加ステンレススチール等の導電体より構成されており、前記格子状処理ガス通路31Aは前記処理ガス注入口11rに処理ガス供給ポート31Rにおいて接続され、下面形成された多数の処理ガスノズル開口部31Bから処理ガスを前記空間11Cに均一に放出する。また、前記処理ガス供給構造31には、隣接する処理ガス通路31Aの間にプラズマやプラズマ中に含まれる処理ガスを通過させる開口部31Cを形成されている。前記処理ガス供給構造31をMg含有Al合金により形成する場合には、表面に弗化物膜を形成しておくのが好ましい。また前記処理ガス供給構造31をAl添加ステンレススチールにより形成する場合には、表面に酸化アルミニウムの不動態膜を



形成しておくのが望ましい。本発明によるプラズマ処理装置10では、励起される励起されるプラズマ中の電子温度が低いためプラズマの入射エネルギーが小さく、かかる処理ガス供給構造31がスパッタリングされて被処理基板12に金属汚染が生じる問題が回避される。前記処理ガス供給構造31は、アルミナ等のセラミックスにより形成することも可能である。

【0044】前記格子状処理ガス通路31Aおよび処理ガスノズル開口部31Bは図4に破線で示した被処理基板12よりもやや大きい領域をカバーするように設けられている。かかる処理ガス供給構造31を前記シャワープレート14と被処理基板12との間に設けることにより、前記処理ガスをプラズマ励起し、かかるプラズマ励起された処理ガスにより、均一に処理することが可能になる。

【0045】前記処理ガス供給構造31を金属等の導体により形成する場合には、前記格子状処理ガス通路31A相互の間隔を前記マイクロ波の波長よりも短く設定することにより、前記処理ガス供給構造31はマイクロ波の短絡面を形成する。この場合にはプラズマのマイクロ波励起は前記空間11B中においてのみ生じ、前記被処理基板12の表面を含む空間11Cにおいては前記励起空間11Bから拡散してきたプラズマにより、処理ガスが活性化される。また、プラズマ着火時に前記被処理基板12が直接マイクロ波に曝されるのを防ぐことができるので、マイクロ波による基板の損傷も防ぐことができる。

【0046】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、処理ガス供給構造31を使うことにより処理ガスの供給が一様に制御されるため、処理ガスの被処理基板12表面における過剰解離の問題を解消することができ、被処理基板12の表面にアスペクト比の大きい構造が形成されている場合でも、所望の基板処理を、かかる高アスペクト構造の奥にまで実施することが可能である。すなわち、マイクロ波プラズマ処理装置10は、設計ルールの異なる多数の世代の半導体装置の製造に有効である。

【0047】図5は図3(A)のプラズマ処理装置10のうち、前記シャワープレート14、カバープレート15、およびラジアルラインスロットアンテナ20を含む部分の構成を示す図である。

【0048】図5を参照するに、前記シャワープレート14の下面と前記処理ガス供給構造31との間隔は、前記シャワープレート14直下の領域において効率的なプラズマ励起を実現するためには、マイクロ波の短絡面として作用する前記処理ガス供給構造31と前記シャワープレート14の下面との間に形成される定在波の腹が前記シャワープレート14直下の領域に位置するように、マイクロ波波長の $1/4$ の整数倍になるように設定するのが好ましい。

【0049】一方、前記スロット16a、16bにおける放電を回避するためには、前記ラジアルラインスロットアンテナ20から放射されるマイクロ波の節が前記スロット16a、16bに位置するのが好ましく、また前記シャワーノズル開口部14A内における放電を回避するには前記シャワープレート14の下面にも節が形成されるのが好ましい。このような理由で、前記シャワープレート14とカバープレート15とを合わせた厚さは供給されるマイクロ波の波長の $1/2$ に設定するのが好ましい。

【0050】特に、前記シャワープレート14およびカバープレート15の厚さをマイクロ波波長の $1/4$ に設定しておく、前記シャワープレート14とカバープレート15との界面近傍にマイクロ波の節を位置させることができ、かかる界面に沿って形成されたプラズマガス通路14B中における放電を効果的に抑制することができる。

【0051】図6は、図3(A)に示す同軸導波管21に接続されるマイクロ波源の概略的構成を示す。

【0052】図6を参照するに、前記同軸導波管は、2.45GHzあるいは8.3GHzで発振するマグネトロン25Aを有する発振部25から延在する導波管の端部に、前記発振部25から順にアイソレータ24、パワーモニタ23およびチューナ22を介して接続されており、前記発振器25で形成されたマイクロ波を前記ラジアルラインスロットアンテナ20に供給すると同時に、プラズマ処理装置10中に形成された高密度プラズマから反射したマイクロ波を、前記チューナ22においてインピーダンス調整を行うことにより、前記ラジアルラインスロットアンテナ20へと戻している。また、前記アイソレータ24は方向性を有する要素で、前記発振部25中のマグネトロン25Aを反射波から保護するように作用する。

【0053】本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では、プラズマに起因する熱フラックスに曝されるシャワープレート14と冷却部との距離が、図1

(A)、(B)に示す従来のマイクロ波プラズマ処理装置に比べて大幅に短縮されており、その結果、誘電損失の大きいAINの代わりにAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>のような、マイクロ波透過窓として好適な、誘電損失は小さいが熱伝導率も小さい材料をシャワープレートおよびカバープレートに使うことが可能になり、シャワープレートの昇温を抑制しつつ、同時にプラズマ処理の効率、従って処理速度を向上させることができる。

【0054】また本実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10では前記シャワープレート14とこれに対向する被処理基板12との間の間隔が狭いため、前記空間11Cで基板処理反応の結果生じた反応生成物を含むガスは、前記外周部の空間11Aへと流れる安定な流れを形成し、その結果前記反応生成物は前記空間11Cから



速やかに除去される。その際、前記処理容器11の外壁を150°C程度の温度に保持しておくことにより、前記反応生成物の処理容器11内壁への付着を実質的に完全に除去することが可能になり、前記処理装置10は次の処理を速やかに行うことが可能になる。

【0055】なお、本実施例において、前記マイクロ波アンテナ20は必ずしもラジアルラインスロットアンテナに限定されるものではなく、例えば図7の変形例に示すように、ホーン型のマイクロ波アンテナ20Bを使うことも可能である。特に前記被処理基板12が大径の基板である場合には、図8の変形例に示すように、前記処理容器11上に複数のホーンアンテナ20Bを配列することにより、プラズマ形成の一様性を確保しつつ、前記カバープレート15およびシャワープレート14を、前記ホーンアンテナ20Bを介して冷却することが可能になる。このために、前記ホーンアンテナ20B上に図7あるいは8に示すように冷却機構20bを設けることも可能である。

【0056】さらに、図9の変形例に示すように、前記冷却部19、19Aの代わりに空冷冷却機構19Bを使うことも可能である。

【第2実施例】図10は、本発明の第2実施例によるプラズマ処理装置10Aの構成を示す。ただし図1中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0057】図2を参照するに、プラズマ処理装置10Aは図3(A)、(B)のプラズマ処理装置10と類似した構成を有するが、前記シャワープレート14が撤去されており、前記ガス導入ポート11pから延在するガス導入口11Pが前記処理容器11中の空間11B中に延在する。

【0058】かかる構成においても、前記ガス導入口11Pから導入されたプラズマガスを前記ラジアルラインスロットアンテナ20から供給されるマイクロ波で励起することにより、前記空間11B中において高密度プラズマを形成することが可能である。

【0059】このようにして形成された高密度プラズマは、シャワープレート14を使った場合に得られる高密度プラズマよりは均一性に劣るが、プラズマ処理装置10Aの構成は先のプラズマ処理装置10よりも実質的に簡素化される。本実施例においても、前記カバープレート15に入射する熱流は、前記ラジアルラインスロットアンテナ20を介して冷却部17により効率的に吸収される。

【0060】なお、図7のプラズマ処理装置10Aにおいては、可能な限り均一なプラズマ形成を実現するために、前記ガス導入口11Pを複数箇所、前記被処理基板に対して対称的に設けるのが好ましい。

【第3実施例】図11は、本発明の第2実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置10Bの構成を示す。ただし

図11中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

【0061】図11を参照するに、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10Bは先の実施例のマイクロ波プラズマ装置10と類似した構成を有するが、本実施例のマイクロ波プラズマ処理装置10Bでは前記処理ガス供給構造31が除去されている。また、前記処理容器11の張り出し部11bは、下面にも丸みが形成されており、放電を回避している。

【0062】かかる構成のプラズマ処理装置10Bでは、前記シャワープレート14直下に形成されるプラズマがマイクロ波を反射し、その結果、被処理基板12の表面にまでマイクロ波が到達したり、かかる表面近傍の領域においてプラズマが励起されるような問題は生じない。また、プラズマ着火時に一時的に処理容器内の圧力を高く、例えば133Pa(約1Torr)に設定した状態でマイクロ波を照射し、プラズマの着火を確実にすることで、プラズマ着火時の被処理基板へのマイクロ波の照射による損傷を防ぐことが出来る。プラズマが着火した後は、処理容器内の圧力は速やかにプロセス圧力、例えば13.3Pa(約0.1Torr)へと調節される。

【0063】前記プラズマ処理装置10Bでは、処理ガス供給機構30を除去しているため、処理ガスは前記プラズマガス供給ポート11pからプラズマガスとともに、供給する必要があるが、かかる構成により、被処理基板12の表面に酸化処理、窒化処理あるいは酸窒化処理等の処理を行うことが可能である。

【第4実施例】図12は、図3(A)、(B)のマイクロ波プラズマ処理装置10を含む本発明の第4実施例による半導体製造装置40の全体構成を示す断面図である。

【0064】図12を参照するに、半導体製造装置40は搬送アーム415を備えたロボット405が設けられた真空トランスファ室401を含み、前記マイクロ波プラズマ処理装置11は、かかる真空トランスファ室401の上面に形成されている。その際、前記保持台13は、ベローズ410で囲まれた昇降シリンダ406により昇降自在に形成されている。前記保持台13が下がりきった状態で被処理基板12が前記搬送アーム415により着脱され、上がりきった状態で前記真空トランスファ室401からシール410Aにより遮断され、所望の基板処理が行われる。

【0065】また前記真空トランスファ室401上にはその上面の別の個所に、被処理基板のスタック404を保持する昇降ステージ418を備えたロードロック室402が設けられており、前記ロードロック室402は前記昇降ステージ418が上がりきった状態でシール417により真空トランスファ室401から遮断されている。一方、前記昇降ステージ418が下降した状態で

は、前記被処理基板スタック404は真空トランスファ室401中に下降し、前記搬送アーム415が前記被処理基板スタック404から基板をピックアップし、あるいはこれに処理済みの基板を戻す。

【0066】かかる構成の半導体製造装置40ではマイクロ波プラズマ処理装置10への被処理基板の出し入れが側壁面を介さず上下方向になされるため、処理容器11内においてプラズマが軸対称に形成され、また処理容器の排気も軸対称に配設された複数の排気ポートから複数のポンプにより実行されるため、均一なプラズマ処理が保証される。

【0067】図13は前記処理ユニットAの排気系の構成を示す。

【0068】図13を参照するに、前記処理ユニットAにおいては処理容器11の各々の排気ポート11aはダクトD1に接続され、前記ダクトD1に設けられた、各々図14(A)、(B)に示す構成を有するネジ溝分子ポンプP1、P2により排気される。前記ネジ溝分子ポンプP1、P2の排気側は、前記半導体製造装置40中の他の処理ユニットB、Cと共通に設けられている排気ラインD2に接続され、さらに前記排気ラインD2は中間ブースターポンプP3を介して、他の同様な半導体製造装置と共通に接続されている排気ラインD3に接続される。

【0069】図14(A)は、前記ネジ溝分子ポンプP1、P2の構成を示す。

【0070】図14(A)を参照するに、ネジ溝分子ポンプは円筒形状の本体51を有し、前記本体51の一端にポンプ入口が、また前記本体51の底面近傍の側壁面上にはポンプ出口が形成されている。本体51中には図14(B)に示すロータ52が設けられており、前記ロータ52上には不等ピッチ不等傾角スクリー52Aが形成されている。不等ピッチ不等傾角スクリー52Aは、ポンプ入口側でピッチが大きく出口側に向ってピッチが減少する構成を有しており、またこれに応じてスクリーの傾角も入口側から出口側に向って徐々に減少している。またポンプ室の体積も、入口側から出口側に向って徐々に減少している。

【0071】図14(A)のネジ溝分子ポンプはさらに前記ロータ52内に配設されたモータ53と、前記ロータ52の角位置を検出する角位置検出器54と、前記角位置検出器54に協働するマグネット55とを含んでおり、電磁石機構56により、前記ロータ52が出口側に付勢される。

【0072】かかるネジ溝分子ポンプは簡単な構成を有し、大気圧から数mTorrまでの広い圧力範囲において動作し、消費電力が小さく、従来のターボ分子ポンプよりも大きな320mL/minに達するポンプ速度を得ることができる。

【0073】図15は、図13の構成において前記ネジ溝分子ポンプP1、P2を排気する中間ブースターポンプ

P3として使われる不等ピッチ不等傾角スクリーポンプ(GLSP)60の構成を示す。

【0074】図15を参照するに、前記不等ピッチ不等傾角スクリーポンプでは、一端に入口61Aが、また他端に出口63A、63B形成されたポンプ本体61中に、各々が図14(B)に示したような、スクリーピッチを入口側から出口側に向って徐々に変化させる一対のスクリーロータ62A、62Bが、それぞれのスクリーが互いにかみ合うような関係に設けられており、ロータ62A、62Bは、モータ64により、歯車63A、63Bを介して駆動される。

【0075】かかる構成の不等ピッチ不等傾角スクリーポンプ60は常圧から $10^{-4}$ Torrに至る低圧までの広い圧力範囲において動作可能であり、2500L/minに達する非常に大きな流量を実現することができる。

【0076】また図13の構成では、他の半導体製造装置からの排気を、かかる中間ブースターポンプP3を介して共通のバックポンプP4で排気することにより、前記バックポンプP4を最も効率的な動作圧力範囲で動作させることができ、消費電力を大きく低減することができる。

【0077】図16は、図7(A)、(B)の半導体製造装置40において、各々の処理ユニットA~Cに協働するガス供給系の構成を示す。

【0078】先にも説明したように、前記半導体製造装置40ではマイクロ波プラズマ処理装置10の処理容器11を150°C程度の温度に保持することで、基板処理に伴い生じた反応生成物の付着を抑制している。すなわち、図8の処理ユニットは、特別なクリーニング処理をせずとも前の処理工程の記憶ないし履歴を完全に消去できる特徴を有している。

【0079】このため、図13の処理ユニットを使って、プラズマガスおよび/または処理ガスを切替ながら、異なった基板処理工程を次々と実行することが可能であるが、このためには、迅速に処理ガスを切替できる構成のガス供給系が必要になる。

【0080】図16を参照するに、N<sub>2</sub>、Kr、Ar、H<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、CHF<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>、CO、HBr、SiCl<sub>4</sub>等より選ばれた一または二のガスが、第1および/または第2の流量制御装置FCS1およびFCS2を通過して前記処理容器11上に設けられ前記シャワープレート14に連通するプラズマガス供給ポート11pに供給され、一方、前記N<sub>2</sub>、Kr、Ar、H<sub>2</sub>、NF<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>、CHF<sub>3</sub>、O<sub>2</sub>、CO、HBr、SiCl<sub>4</sub>等より選ばれた一または複数のガスが、第3~第7の流量制御装置FCS3~FCS7を通過して、前記処理ガス供給構造30に連通した前記処理ガス供給ポート11rに供給される。

【0081】その際、図17に示す、制御弁71と圧力

計72とストップバルブ73とオリフィス74とを直線状の配管70に順次形成した構成の流量制御装置を使い、前記オリフィス74下流側の圧力 $P_2$ が前記ストップバルブ73上流側の圧力 $P_1$ の半分以下になるように( $P_1 \geq 2P_2$ )制御弁71を前記圧力計72により制御することにより、処理ガスを所定の流量で瞬時に供給することが可能になる。これは、この流量制御装置内に流量制御不能なデッドスペースが存在しないためである。

【0082】そこで、図16のガス供給系において図17の流量制御装置を使うことにより、プラズマガスあるいは処理ガスを、前記処理ユニット中での基板処理の種類に応じて瞬時に切替えることが可能になる。

【0083】なお、前記半導体製造装置40においては、先に説明したプラズマ処理装置10のみならずその変形例によるプラズマ処理装置、あるいは他の実施例によるプラズマ処理装置10A、10Bを使うことも可能である。

【0084】本発明は上記特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨内において様々な変形・変更が可能である。

#### 【0085】

【発明の効果】本発明によれば、マイクロ波アンテナを処理容器外壁の一部に形成されたマイクロ波透過窓に密着させることにより、および／またはマイクロ波アンテナとマイクロ波透過窓の間に熱伝導性の気体を封入することにより、前記マイクロ波透過窓を構成するシャワープレートおよびカバープレートなどを、厚さ方向への熱伝導により冷却することが可能になり、マイクロ波プラズマ処理装置の冷却効率が大きく向上する。かかる冷却効率の向上の結果、プラズマによる前記マイクロ波透過窓への熱の蓄積が実質的に軽減され、その結果、前記マイクロ波透過窓として誘電損失の小さいA1203等の材料を使っても温度が過大に上昇することがなくなる。すなわち、本発明はマイクロ波アンテナを使ったマイクロ波プラズマ処理装置において、マイクロ波透過窓として誘電損失の小さい材料を使うことにより、高い冷却効率の要求と高いプラズマ励起効率の要求とを両立させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】(A)、(B)は、従来のラジアルラインスロットアンテナを使ったマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図2】図1のマイクロ波プラズマ処理装置において生じる問題点を説明する図である。

【図3】(A)、(B)は、本発明の第1実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図4】図3(A)のマイクロ波プラズマ処理装置の処理ガス供給機構の構成を示す図である。

【図5】図3(A)のマイクロ波プラズマ処理装置のラジアルラインスロットアンテナと処理容器との接合部近

傍を詳細に示す図である。

【図6】図3(A)のマイクロ波プラズマ処理装置に結合されるマイクロ波電源の構成を示す図である。

【図7】本発明の一変形例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の別の変形例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図9】本発明のさらに別の変形例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図10】本発明の第2実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図11】本発明の第3実施例によるマイクロ波プラズマ処理装置の構成を示す図である。

【図12】図3(A)、(B)のマイクロ波プラズマ処理装置を使った本発明の第4実施例による半導体製造装置の構成を示す図である。

【図13】図12の半導体製造装置の排気系の構成を示す図である。

【図14】図13の排気系で使われるネジ溝分子ポンプの構成を示す図である。

【図15】図13の排気系で使われる不等ピッチ不等傾角スクリーポンプの構成を示す図である。

【図16】図13の処理ユニットにおいて使われるガス供給系の構成を示す図である。

【図17】図16のガス供給系で使われる流量制御装置の構成を示す図である。

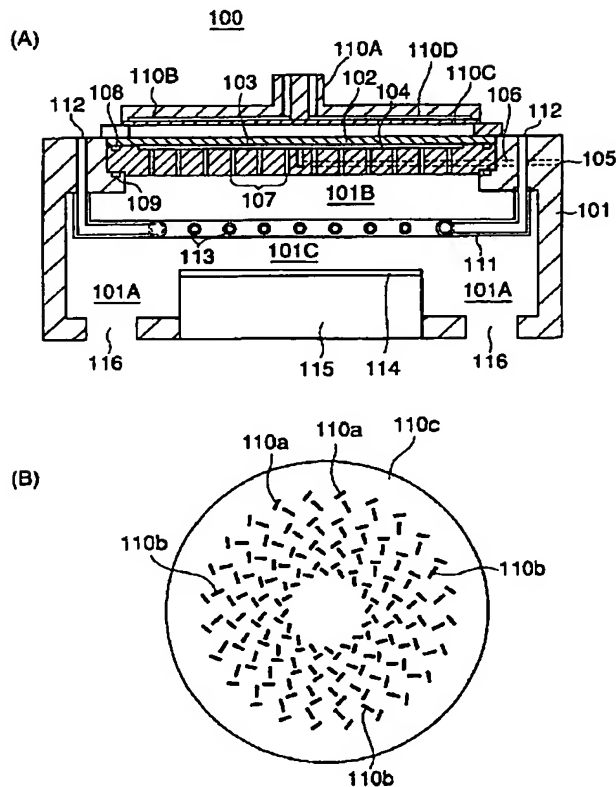
#### 【符号の説明】

- 10、10A、10B、100 プラズマ処理装置
- 11 処理容器
- 11a 排気ポート
- 11b 張り出し部
- 11p プラズマガス供給ポート
- 11r 処理ガス供給ポート
- 11A、11B、11C 空間
- 11G 減圧およびHe供給ポート
- 12 被処理基板
- 13 保持台
- 13A 高周波電源
- 14 シャワープレート
- 14A プラズマガスノズル開口部
- 14B、14C プラズマガス通路
- 15 カバープレート
- 16 スロット板
- 16a、16b スロット開口部
- 17 アンテナ本体
- 18 遅波板
- 19 冷却ブロック
- 19A 冷却水通路
- 19B 空冷冷却機構
- 20 ラジアルラインアンテナ

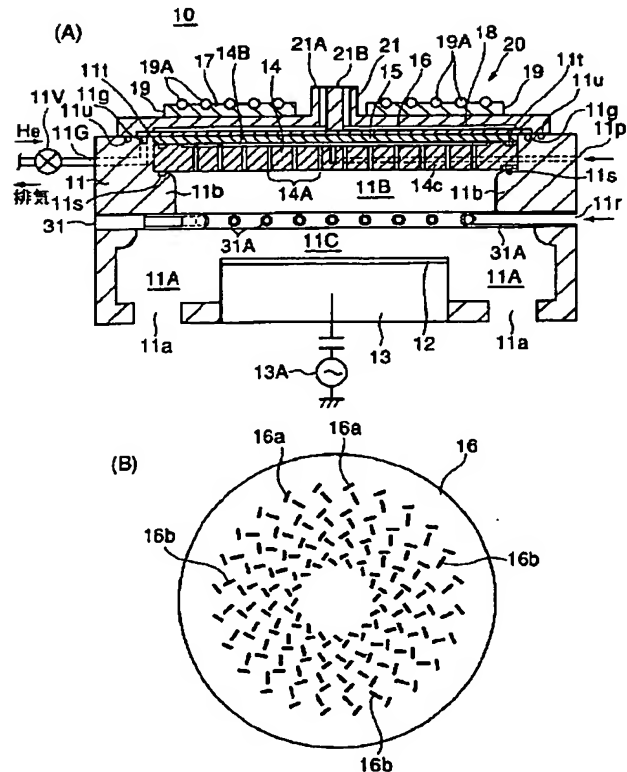
20B ホーンアンテナ  
 20b ホーンアンテナ冷却装置  
 21 同軸導波管  
 21A 外側導波管  
 21B 内側給電線  
 22 チューナ  
 23 パワーモニタ  
 24 アイソレータ  
 25 発振部  
 25A マグネトロン  
 30 処理ガス供給構造  
 31A 処理ガス通路  
 31B 処理ガスノズル  
 31C プラズマ拡散通路  
 31R 処理ガス供給ポート  
 40 半導体製造装置  
 401 真空搬送室  
 402 ロードロック室  
 402A 被処理基板ロードロック室  
 402B 処理済基板ロードロック室  
 404 被処理基板スタック  
 405 搬送ロボット  
 406 昇降シリンダ  
 410A, 417 シール  
 415 搬送アーム

410 ベローズ  
 418 昇降ステージ  
 50 ネジ溝分子ポンプ  
 51 ポンプ本体  
 52 ロータ  
 52A スクリュー  
 53 モータ  
 54 角位置検出部  
 55 マグネット  
 56 電磁付勢部  
 60 不等ピッチ不等傾角スクリューポンプ  
 61 ポンプ本体  
 61A ポンプ入口  
 61B ポンプ出口  
 62A, 62B ロータ  
 63A, 63B 歯車  
 64 モータ  
 70 流量制御装置  
 71 制御弁  
 72 圧力計  
 73 ストップバルブ  
 74 オリフィス  
 A~C 処理ユニット  
 D1~D3 ダクト  
 P1~P4 ポンプ

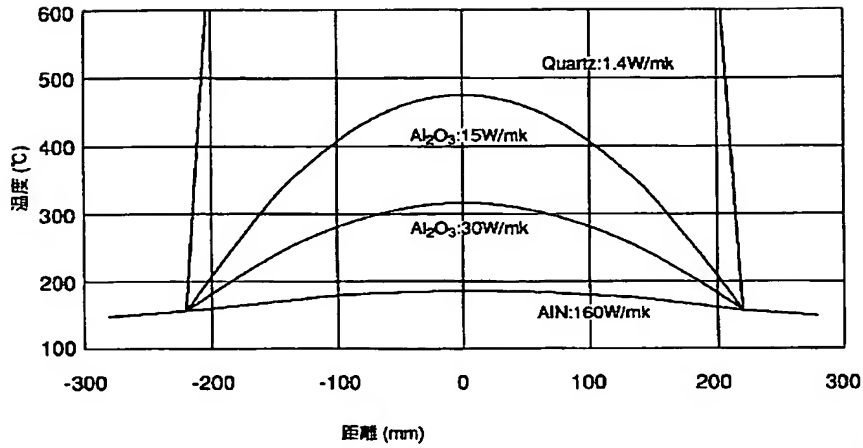
【図 1】



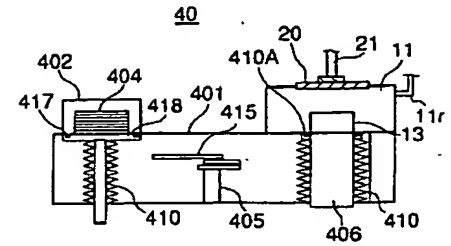
【図 3】



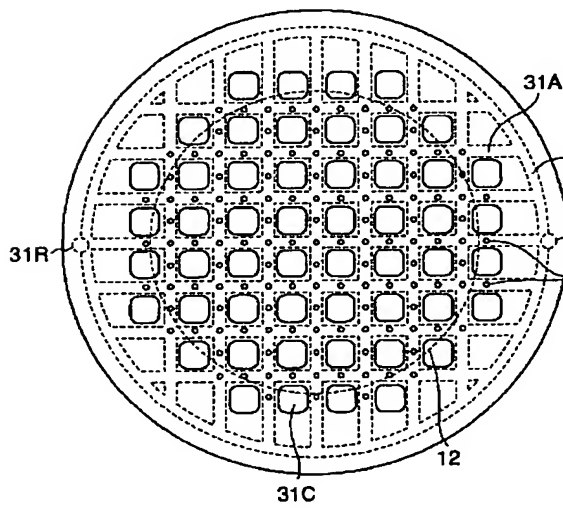
【図2】



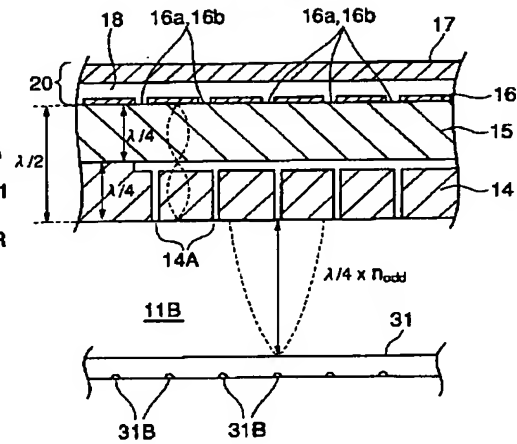
【図12】



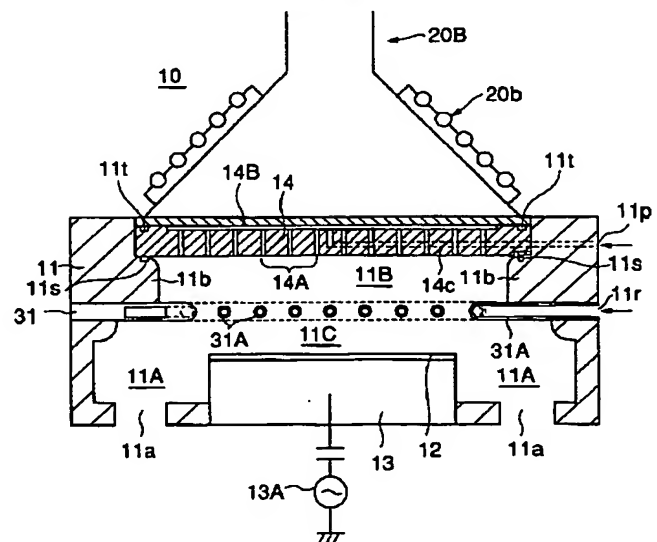
【図4】



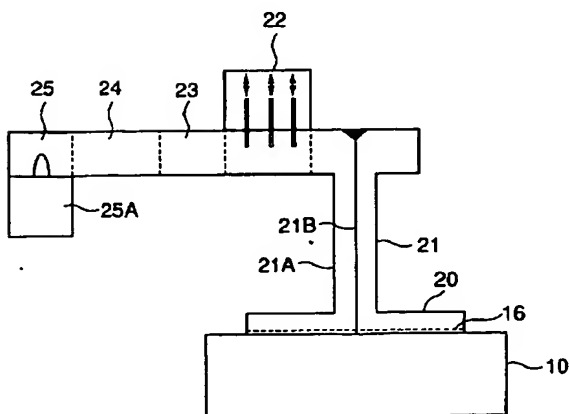
【図5】



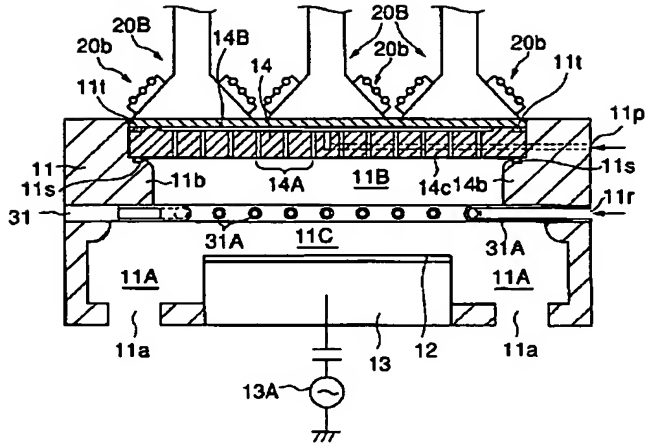
【図7】



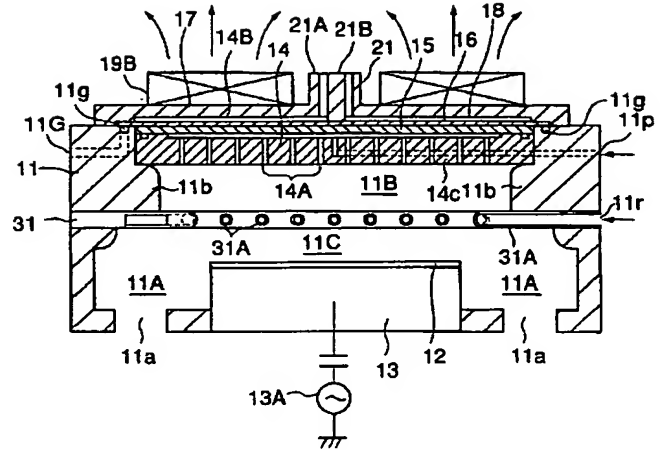
【図6】



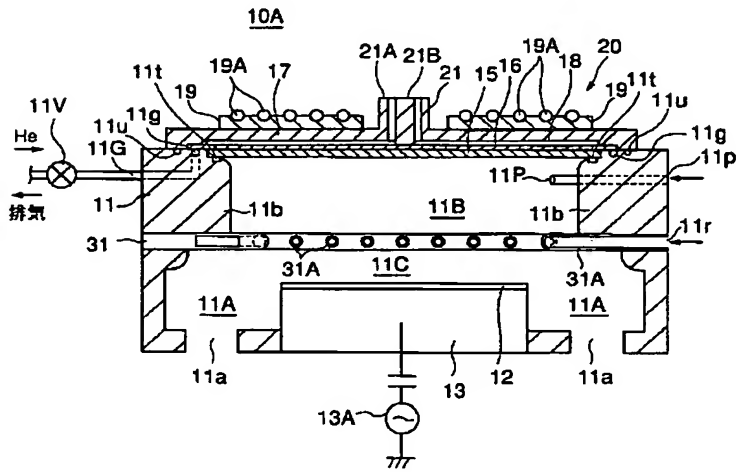
【図8】



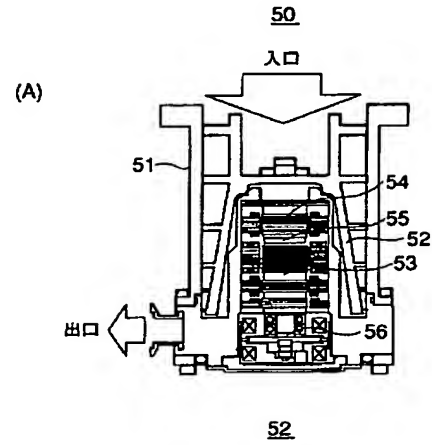
【図9】



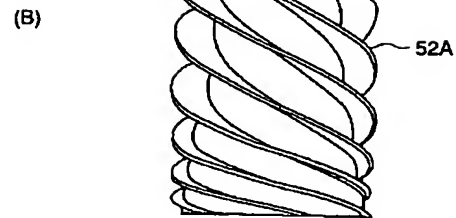
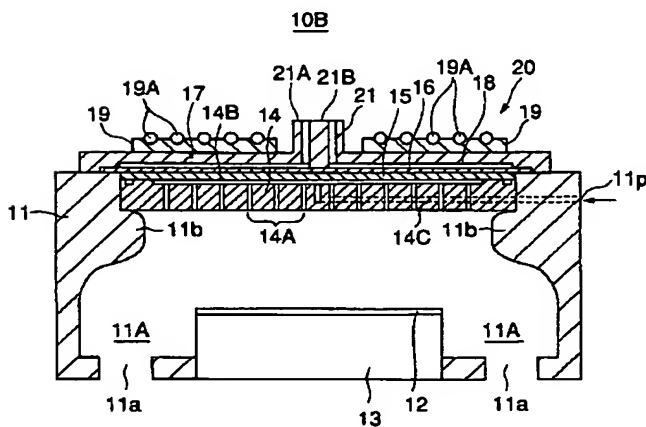
【図10】



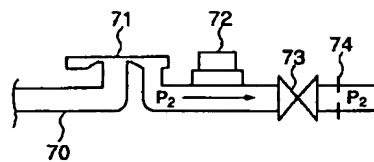
【図14】



【図11】

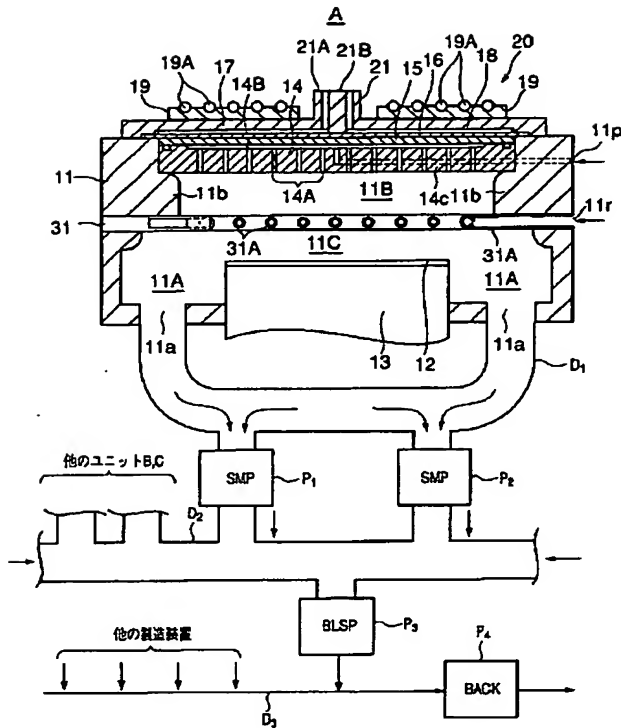


【図17】

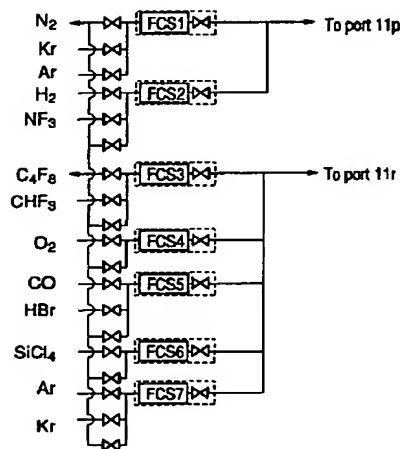




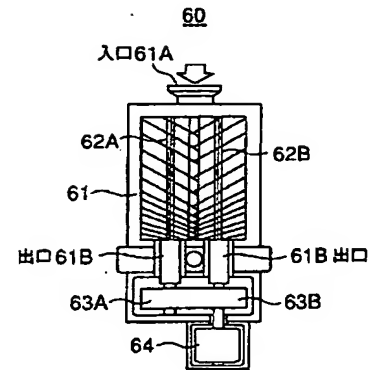
【図13】



【図16】



【図15】



フロントページの続き

(72) 発明者 平山 昌樹  
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学  
内  
(72) 発明者 須川 成利  
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学  
内

(72) 発明者 後藤 哲也  
宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 東北大学  
内

Fターム(参考) 4G075 AA22 BD14 CA03 CA25 CA26  
CA47 CA62 CA65 DA01 EB42  
FB04 FC11  
5F004 BA20 BB14 BB32 BD04 DA22  
5F045 AA09 AA20 AB32 AB33 AB34  
AC17 DP03 EB02 EE14 EE17  
EH02 EH03 EJ05 EJ09 EJ10